

PAT-NO: JP02003117897A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2003117897 A

TITLE: MICRO ACTUATOR

PUBN-DATE: April 23, 2003

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
SEISO, TAKANORI	N/A
UENISHI, YUJI	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>	N/A

APPL-NO: JP2001314200

APPL-DATE: October 11, 2001

INT-CL (IPC): B81B003/00, G02B007/198 , G02B026/08 , G02B026/10

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To increase controllable maximum moving range of a movable element without increasing applied voltage.

SOLUTION: An upper base plate 22 is attached to a lower base plate 21. A moving frame element 25 is provided on a base portion 23 of the upper base plate 22 through a supporting beam 24, and a moving element 27 is provided on the moving frame element 25 through a supporting beam 26. An upper electrode 28 is provided on a back surface of the moving frame element 25, and an upper electrode 29 is provided on a back surface of the moving element 27. A recessed portion 31 is provided on an upper surface 30 of the lower base plate 21, and a lower electrode 32 is provided on the upper surface 30. A lower electrode 33 is provided on the recessed portion 31, and the lower electrodes 32, 33 are respectively positioned at parts corresponding to the upper electrodes 28, 29.

COPYRIGHT: (C)2003,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-117897

(P2003-117897A)

(43) 公開日 平成15年4月23日 (2003.4.23)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームト*(参考)
B 8 1 B 3/00		B 8 1 B 3/00	2 H 0 4 1
G 0 2 B 7/198		G 0 2 B 26/08	E 2 H 0 4 3
26/08		26/10	C 2 H 0 4 5
26/10			1 0 4 Z
	1 0 4	7/18	B
		審査請求 未請求	請求項の数 3 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2001-314200(P2001-314200)

(22) 出願日 平成13年10月11日 (2001.10.11)

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72) 発明者 清倉 孝規

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日

本電信電話株式会社内

(72) 発明者 上西 祐司

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日

本電信電話株式会社内

(74) 代理人 100075753

弁理士 和泉 良彦 (外1名)

最終頁に続く

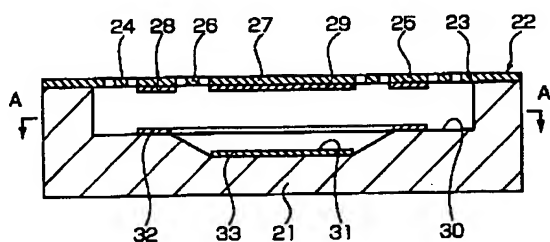
(54) 【発明の名称】 マイクロアクチュエータ

(57) 【要約】

【課題】 印加電圧を高くすることなく可動体の制御可能最大可動範囲を大きくする。

【解決手段】 下部基板21に上部基板22を取り付け、上部基板22の基部23に支持梁24を介して移動枠体25を設け、移動枠体25に支持梁26を介して移動体27を設け、移動枠体25の裏面に上部電極28を設け、移動体27の裏面に上部電極29を設け、下部基板21の上面30に凹部31を設け、上面30に下部電極32を設け、凹部31に下部電極33を設け、下部電極32、33をそれぞれ上部電極28、29に対応する個所に位置させる。

図2



- 21...下部基板
- 22...上部基板
- 23...基部
- 24...支持梁
- 25...移動枠体
- 26...支持梁
- 27...移動体
- 28, 29...上部電極
- 30...上面
- 31...凹部
- 32, 33...下部電極

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】下部基板に上部基板を取り付け、上記上部基板に可動体を設け、上記可動体に第1の上部電極を設け、上記下部基板の上記第1の上部電極と対応した位置に第1の下部電極を設けたマイクロアクチュエータにおいて、上記上部基板の基部に第1の支持梁を介して可動

枠体を設け、上記可動枠体に第2の支持梁を介して上記可動体を設け、上記可動枠体に第2の上部電極を設け、上記下部基板の上記第2の上部電極と対応した位置に第2の下部電極を設けたことを特徴とするマイクロアクチュエータ。

【請求項2】上記第1の支持梁と上記可動枠体とを複数組設け、上記複数の可動枠体のそれぞれに上記第2の上部電極を設け、上記下部基板の上記複数の第2の上部電極と対応した位置に上記第2の下部電極をそれぞれ設けたことを特徴とする請求項1記載のマイクロアクチュエータ。

【請求項3】上記下部基板の上記第2の下部電極が設けられた面に凹部を設け、上記凹部に上記第1の下部電極を設けたことを特徴とする請求項1または2記載のマイクロアクチュエータ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は光計測器、光スイッチなどに使用されるマイクロアクチュエータに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】高精度のアクチュエータ機能を必要とする光計測器には並進マイクロアクチュエータが使用されており、またミラー駆動による光スキャナを用いた光ス

witchには回転マイクロアクチュエータが使用されている。

【0003】図14は従来の並進マイクロアクチュエータを示す一部切断斜視図、図15は図14に示した並進マイクロアクチュエータを示す正断面図、図16は図15のE-E断面図である。図に示すように、下部基板1に上部基板2が取り付けられ、上部基板2の基部3に支持梁4を介して移動体5が設けられ、基部3、支持梁4、移動体5は一体に設けられている。また、移動体5の裏面に上部電極6が設けられ、下部基板1の上面7に下部電極8が設けられ、下部電極8は上部電極6と対応する個所に位置している。

【0004】この並進マイクロアクチュエータにおいては、上部電極6と下部電極8との間に電圧を印加すると、上部電極6が静電引力により引き寄せられるから、図17に示すように、移動体5が下方に移動する。

【0005】図18は従来の回転マイクロアクチュエータを示す平面図、図19は図18に示した回転マイクロアクチュエータを示す正断面図、図20は図19のF-F断面図である。図に示すように、下部基板11に上部

基板12が取り付けられ、上部基板12の基部13に支持梁14を介して回転体15が設けられ、基部13、支持梁14、回転体15は一体に設けられている。また、回転体15の裏面に上部電極16が設けられ、下部基板11の上面17に下部電極18が設けられ、下部電極18は上部電極16と対応する個所に位置している。

【0006】この回転マイクロアクチュエータにおいては、上部電極16と下部電極18の一方たとえ図19紙面右方の下部電極18との間に電圧を印加すると、上部電極16が静電力により引き寄せられるから、図21に示すように、回転体15が図21紙面時計方向に回転する。また、上部電極16と図19紙面左方の下部電極18との間に電圧を印加すると、回転体15が図19紙面反時計方向に回転する。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】図22は図14～図16に示した並進マイクロアクチュエータにおける上部電極6と下部電極8との間の静電引力 $F_e$ 、支持梁4のバネ弾性力 $F_m$ と移動体5の変位 $y$ との関係を示すグラフで、線a～cはそれぞれ印加電圧 $V_a$ が15、23、

7、30Vの場合の静電引力 $F_e$ の変化を示し、線dはバネ弾性力 $F_m$ の変化を示す。なお、上部電極6と下部電極8との間のギャップ $g$ すなわち上部電極6と下部電極8との間に電圧を印加しないときの上部電極6と下部電極8との距離は14 $\mu\text{m}$ である。このグラフから明らかのように、バネ弾性力 $F_m$ は変位 $y$ に比例する。また、ある一定の印加電圧下では静電引力 $F_e$ は上部電極6と下部電極8との距離にほぼ反比例する。そして、印加電圧 $V_a$ が15Vの場合には、変位 $y$ が約1 $\mu\text{m}$ 、約10 $\mu\text{m}$ のときに静電引力 $F_e$ とバネ弾性力 $F_m$ とが一致する。実際には、変位 $y$ が約1 $\mu\text{m}$ のときに安定な釣合いを示すから、変位 $y$ が約1 $\mu\text{m}$ のときに静電引力 $F_e$ とバネ弾性力 $F_m$ とが釣り合う。また、印加電圧 $V_a$ が23.5Vの場合には、変位 $y$ が約4.7 $\mu\text{m}$ のときにのみ静電引力 $F_e$ とバネ弾性力 $F_m$ とが一致する。そして、この電圧23.5Vは静電力とバネ弾性力との釣合いの系の閾値電圧である。また、印加電圧 $V_a$ が30Vの場合には、変位 $y$ に関わらず静電引力 $F_e$ とバネ弾性力 $F_m$ とが釣り合うことはなく、常に静電引力 $F_e$ がバネ弾性力 $F_m$ よりも大きくなるから、上部電極6が下部電極8に完全に引き寄せられる。

【0008】図23は図14～図16に示した並進マイクロアクチュエータにおける印加電圧 $V_a$ と変位 $y$ との関係を示すグラフである。このグラフから明らかのように、印加電圧 $V_a$ が小さいときには、印加電圧 $V_a$ が増加すると変位 $y$ も増加するが、印加電圧 $V_a$ が閾値電圧である23.7V(変位 $y$ が約4.7 $\mu\text{m}$ )になると、変位 $y$ の変化を示す線の傾きが無限大となり、変位 $y$ はギャップ $g$ である14 $\mu\text{m}$ になる。つまり、上部電極6が下部電極8に完全に引き寄せられる。このように、上

部電極6が下部電極8に引き寄せられない極限の最大の変位 $y$ すなわち制御可能最大変位はギャップ $g$ の約 $1/3$ である。この結果は支持梁4のバネ弾性係数、静電力とバネ弾性力との釣合いの系の大きさに依らず、静電力とバネ弾性力との釣合いの系では一般的に成立する。

【0009】したがって、図14～図16に示した並進マイクロアクチュエータにおいては、変位 $y$ が制御可能最大変位よりも小さいときには、印加電圧 $V_a$ を調整することにより移動体5の変位 $y$ を自由に制御することができるが、変位 $y$ が制御可能最大変位よりも大きくなると、移動体5の変位 $y$ を自由に制御することができない。

【0010】また、図18～図20に示した回転マイクロアクチュエータにおいても、上部電極16が下部電極18に引き寄せられない極限の最大の回転角すなわち回転体15の制御可能最大回転角は回転可能最大回転角の約 $1/3$ であり、回転体15の回転角が制御可能最大回転角よりも小さいときには、上部電極16と下部電極18との間の印加電圧 $V_r$ を調整することにより回転体15の回転角を自由に制御することができるが、回転体15の回転角が制御可能最大回転角よりも大きくなると、回転体15の回転角を自由に制御することができない。たとえば、回転体15の制御可能最大回転角は $12^\circ$ であり、このときの印加電圧 $V_r$ は $95V$ である。このため、回転体15をマイクロミラーとして使用するときには、マイクロミラーの回転角を大きくすることができないから、光学素子間の干渉を避けるために光路を長くせざるを得ず、装置が大きくなる。

【0011】なお、移動体5、回転体15の裏面と、下部基板1、11の上面7、17との距離を大きくして、ギャップ $g$ 、回転可能最大回転角を大きくすることにより、制御可能最大変位、制御可能最大回転角すなわち制御可能最大可動範囲を大きくすることができる。しかし、この場合には、印加電圧 $V_a$ 、 $V_r$ を高くする必要があるから、制御回路との併存が困難であり、漏電防止、耐電圧向上、電圧変換のための回路が複雑となり、大型かつ高価になる。

【0012】本発明は上述の課題を解決するためになされたもので、印加電圧を高くしなくとも可動体の制御可能最大可動範囲を大きくすることができるマイクロアクチュエータを提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】この目的を達成するため、本発明においては、下部基板に上部基板を取り付け、上記上部基板に可動体を設け、上記可動体に第1の上部電極を設け、上記下部基板の上記第1の上部電極と対応した位置に第1の下部電極を設けたマイクロアクチュエータにおいて、上記上部基板の基部に第1の支持梁を介して可動枠体を設け、上記可動枠体に第2の支持梁を介して上記可動体を設け、上記可動枠体に第2の上部

電極を設け、上記下部基板の上記第2の上部電極と対応した位置に第2の下部電極を設ける。

【0014】また、上記第1の支持梁と上記可動枠体とを複数組設け、上記複数の可動枠体のそれぞれに上記第2の上部電極を設け、上記下部基板の上記複数の第2の上部電極と対応した位置に上記第2の下部電極をそれぞれ設ける。

【0015】これらの場合、上記下部基板の上記第2の下部電極が設けられた面に凹部を設け、上記凹部に上記第1の下部電極を設けてもよい。

【0016】

【発明の実施の形態】図1は本発明に係る並進マイクロアクチュエータを示す平面図、図2は図1に示した並進マイクロアクチュエータを示す正断面図、図3は図2のA-A断面図である。図に示すように、単結晶シリコンからなる下部基板21に単結晶シリコンからなる上部基板22が取り付けられ、上部基板22の基部23に支持梁（第1の支持梁）24を介して移動枠体（可動枠体）25が設けられ、移動枠体25に支持梁（第2の支持梁）26を介して移動体（可動体）27が設けられ、基部23、支持梁24、移動枠体25、支持梁26、移動体27は一体に設けられている。また、移動枠体25の裏面に上部電極（第2の上部電極）28が設けられ、移動体27の裏面に上部電極（第1の上部電極）29が設けられ、下部基板21の上面30に凹部31が設けられ、上面30に下部電極（第2の下部電極）32が設けられ、凹部31に下部電極（第1の下部電極）33が設けられ、下部電極32、33はそれぞれ上部電極28、29と対応する個所に位置している。そして、上部電極28と下部電極32との距離すなわちギャップ $g$ は $14\mu m$ である。

【0017】この並進マイクロアクチュエータにおいては、上部電極28と下部電極32との間に電圧を印加すると、上部電極28が静電引力により引き寄せられるから、図4に示すように、基部23に対して移動枠体25および移動体27が下方に移動する。この状態で、上部電極29と下部電極33との間に電圧を印加すると、上部電極29が静電引力により引き寄せられるから、図5に示すように、移動枠体25に対して移動体27が下方に移動する。

【0018】このような並進マイクロアクチュエータにおいては、基部23に対して移動枠体25および移動体27を下方に移動し、かつ移動枠体25に対して移動体27を下方に移動することができるから、ギャップ $g$ を大きくすることなく、しかも印加電圧 $V_a$ を高くすることなく、制御可能最大変位を大きくすることができる。たとえば、移動体27の制御可能最大変位は約 $9\mu m$ であり、このときに上部電極28と下部電極32の間、上部電極29と下部電極33との間にそれぞれ印加される電圧は $23.7V$ である。このように、図14～図1

6に示した従来の並進マイクロアクチュエータと比較して、印加電圧 $V_a$ を同一したときの制御可能最大変位を約2倍にすることができる。このため、制御回路との併存が困難であり、漏電防止、耐電圧向上、電圧変換のための回路が簡単になり、小型かつ安価になる。また、下部基板21の上面30に凹部31を設け、凹部31に下部電極33を設けているから、基部23に対して移動枠体25および移動体27を下方に移動したとき上部電極29と下部電極33との間の距離を大きくすることができるので、移動体27の制御可能最大変位をより大きくすることができる。

【0019】また、図1～図3に示した並進マイクロアクチュエータと同様の構造で、ギャップ $g$ 、凹部31の深さが半分の並進マイクロアクチュエータにおいては、移動体27の制御可能最大変位は約 $4.8\mu\text{m}$ であり、このときに上部電極28と下部電極32との間、上部電極29と下部電極33との間にそれぞれ印加される電圧は12Vである。このように、図14～図16に示した従来の並進マイクロアクチュエータと比較して、制御可能最大変位をほぼ同一したときの印加電圧 $V_a$ を約1/2にすることができる。このように、制御可能最大変位をほぼ同一にしたとしても印加電圧を低くすることができる。

【0020】図6は本発明に係る回転マイクロアクチュエータを示す平面図、図7は図6に示した回転マイクロアクチュエータを示す正断面図、図8は図7のB-B断面図である。図に示すように、単結晶シリコンからなる下部基板41に単結晶シリコンからなる上部基板42が取り付けられ、上部基板42の基部43に支持梁（第1の支持梁）44を介して回転枠体（可動枠体）45が設けられ、回転枠体45に支持梁（第2の支持梁）46を介して回転体（可動体）47が設けられ、基部43、支持梁44、回転枠体45、支持梁46、回転体47は一体に設けられている。また、回転枠体45の裏面に上部電極（第2の上部電極）48が設けられ、回転体47の裏面に上部電極（第1の上部電極）49が設けられ、下部基板41の上面50に凹部51が設けられ、上面50に下部電極（第2の下部電極）52が設けられ、凹部51に下部電極（第1の下部電極）53が設けられ、下部電極52、53はそれぞれ上部電極48、49と対応する個所に位置している。

【0021】この回転マイクロアクチュエータにおいては、上部電極48と下部電極52の一方たとえば図7紙面右方の下部電極52との間に電圧を印加すると、上部電極48が静電引力により引き寄せられるから、図9に示すように、基部43に対して回転枠体45および回転体47が図9紙面時計方向に回転する。この状態で、上部電極49と下部電極53の一方すなわち図7紙面右方の下部電極53との間に電圧を印加すると、上部電極49が静電引力により引き寄せられるから、図10に示す

ように、回転枠体45に対して回転体47が図10紙面時計方向に回転する。また、上部電極48、49と図7紙面左方の下部電極52、53との間にそれぞれ電圧を印加すると、回転体47が図7紙面反時計方向に回転する。

【0022】このような回転マイクロアクチュエータにおいては、基部43に対して回転枠体45および回転体47を回転し、かつ回転枠体45に対して回転体47を回転することができるから、上部電極48と下部電極52との距離すなわちギャップ $g$ を大きくすることなく、しかも印加電圧 $V_r$ を高くすることなく、制御可能最大回転角を大きくすることができる。たとえば、回転体47の制御可能最大回転角は約24度であり、このときに上部電極48と下部電極52との間、上部電極49と下部電極53との間にそれぞれ印加される電圧は95Vである。このように、図18～図20に示した従来の回転マイクロアクチュエータと比較して、印加電圧 $V_r$ を同一したときの制御可能最大回転角を約2倍にすることができる。このため、制御回路との併存が困難であり、漏電防止、耐電圧向上、電圧変換のための回路が簡単になり、小型かつ安価になる。特に、回転体47をマイクロミラーとして使用するときには、マイクロミラーの回転角を大きくすることができるから、光学素子間の干渉を避けるために光路を長くする必要がないので、装置を小さくすることができる。また、下部基板41の上面50に凹部51を設け、凹部51に下部電極53を設けているから、基部43に対して回転枠体45および回転体47を回転したとき上部電極49と下部電極53との間の距離を大きくすることができるので、回転体47の制御可能最大回転角をより大きくすることができる。

【0023】また、図6～図8に示した回転マイクロアクチュエータと同様の構造で、ギャップ $g$ 、凹部51の深さが半分の回転マイクロアクチュエータにおいては、回転体47の制御可能最大回転角は約12度であり、上部電極48と下部電極52との間、上部電極49と下部電極53との間にそれぞれ印加される電圧は43Vである。このように、図18～図20に示した従来の回転マイクロアクチュエータと比較して、制御可能最大回転角をほぼ同一したときの印加電圧 $V_r$ を約1/2にすることができる。このように、制御可能最大変位をほぼ同一にしたとしても印加電圧を低くすることができる。

【0024】図11は本発明に係る他の回転マイクロアクチュエータを示す平面図、図12は図11のC-C断面図、図13は図12のD-D断面図である。図に示すように、単結晶シリコンからなる下部基板61に単結晶シリコンからなる上部基板62が取り付けられ、上部基板62の基部63に支持梁（第1の支持梁）64を介して回転枠体（可動枠体）65が設けられ、回転枠体65に支持梁（第1の支持梁）66を介して回転枠体（可動枠体）67が設けられ、回転枠体67に支持梁（第1の

支持梁)68を介して回転枠体(可動枠体)69が設けられ、回転枠体69に支持梁(第2の支持梁)70を介して回転体(可動体)71が設けられ、基部63、支持梁64、回転枠体65、支持梁66、回転枠体67、支持梁68、回転枠体69、支持梁70、回転体71は一体に設けられている。そして、支持梁64、68の中心線の方向は図11紙面左右方向(X軸方向)であり、支持梁66、70の中心線の方向は図11紙面上下方向(Y軸方向)であって、回転体71の回転中心線は複数であり、支持梁64、68の中心線の方向と支持梁66、70の中心線の方向とは直交する。また、回転枠体65、67、69の裏面に上部電極(第2の上部電極)72~74が設けられ、回転体71の裏面に上部電極(第1の上部電極)75が設けられ、下部基板61の上面76に凹部77が設けられ、上面76に下部電極(第2の下部電極)78、79が設けられ、凹部77に下部電極(第2の下部電極)80、下部電極(第1の下部電極)81が設けられ、上部電極72~75はそれぞれ下部電極78~81と対応する個所に位置している。

【0025】この回転マイクロアクチュエータにおいては、上部電極72と下部電極78の一方の間に電圧を印加すると、基部63に対して回転枠体65、67、69および回転体71が支持梁64の中心線を中心に回転する。この状態で、上部電極73と下部電極79の一方との間に電圧を印加すると、回転枠体65に対して回転枠体67、69および回転体71が支持梁66の中心線を中心に回転する。この状態で、上部電極74と下部電極80の一方との間に電圧を印加すると、回転枠体67に対して回転枠体69および回転体71が支持梁68の中心線を中心に回転する。この状態で、上部電極75と下部電極81の一方との間に電圧を印加すると、回転枠体69に対して回転体71が支持梁70の中心線を中心に回転する。したがって、回転体71は基部63に対してX軸方向およびY軸方向を中心に回転する。

【0026】このような回転マイクロアクチュエータにおいては、基部63に対して回転枠体65、69および回転体71をX軸方向を中心に回転し、かつ回転枠体65に対して回転枠体69および回転体71をX軸方向を中心に回転することができ、また基部63に対して回転枠体67および回転体71をY軸方向を中心に回転し、かつ回転枠体67に対して回転体71をY軸方向を中心に回転することができるから、上部電極72と下部電極78との距離すなわちギャップgを大きくすることなく、しかも印加電圧Vrを高くすることなく、制御可能最大回転角を大きくすることができる。たとえば、回転体71のX軸方向、Y軸方向を中心にした制御可能最大回転角は約24度であり、このときに上部電極72~75と下部電極78~81との間にそれぞれ印加される電圧は9.5Vである。このように、図18~図20に示した従来の回転マイクロアクチュエータと比較して、印加

電圧Vrを同一したときの制御可能最大回転角を約2倍にすることができる。このため、制御回路との併存が困難であり、漏電防止、耐電圧向上、電圧変換のための回路が簡単になり、小型かつ安価になる。また、下部基板61の上面76に凹部77を設け、凹部77に下部電極80、81を設けているから、基部63に対して回転枠体65、69および回転体71をX軸方向を中心に回転するとともに、基部63に対して回転枠体67および回転体71をY軸方向を中心に回転したときの上部電極74、75と下部電極80、81との間の距離を大きくすることができるので、回転体71の制御可能最大回転角をより大きくすることができる。

【0027】また、図11~図13に示した回転マイクロアクチュエータと同様の構造で、ギャップg、凹部77の深さが半分の回転マイクロアクチュエータにおいては、回転体71の制御可能最大回転角は約12度であり、このときに上部電極72~75と下部電極78~81との間にそれぞれ印加される電圧は4.3Vである。このように、図18~図20に示した従来の回転マイクロアクチュエータと比較して、制御可能最大回転角をほぼ同一したときの印加電圧Vrを約1/2にすることができる。このように、制御可能最大変位をほぼ同一にしたとしても印加電圧を低くすることができる。

【0028】なお、上述実施の形態においては、移動体27、回転体47、71の形状を正方形としたが、可動体の形状を円形、だ円形、長方形、六角形等の多角形などにしてもよい。また、上述実施の形態においては、単結晶シリコンからなる下部基板21、41、61、上部基板22、42、62を用いたが、ポリマーからなる下部基板、上部基板を用いてもよい。また、上述実施の形態においては、可動体が下方に移動する移動体27または回転する回転体47、71である場合について説明したが、可動体が下方に移動するとともに回転するものである場合にも本発明を適用することができる。また、上述実施の形態においては、上部基板22の基部23に支持梁(第1の支持梁)24を介して移動枠体(可動枠体)25を設け、移動枠体25に支持梁26を介して移動体27を設け、また上部基板42の基部43に支持梁(第1の支持梁)44を介して回転枠体(可動枠体)45を設け、回転枠体45に支持梁(第2の支持梁)46を介して回転体47を設けたが、第1の支持梁と可動枠体とを複数組設け、複数の可動枠体のそれぞれに第2の上部電極を設け、下部基板の上記複数の第2の上部電極と対応した位置に第2の下部電極をそれぞれ設けてもよい(例えば図11では、3組)。この場合、下部基板の第2の下部電極が設けられた面に設けられた凹部内に少なくとも1つの凹部を設ければ、可動体の制御可能最大可動範囲をより大きくすることができる。

【0029】

【発明の効果】本発明に係るマイクロアクチュエータに

においては、基部に対して可動枠体および可動体を動かし、かつ可動枠体に対して可動体を動かすことができるから、印加電圧を高くすることなく、制御可能最大可動範囲を大きくすることができる。

【0030】また、第1の支持梁と可動枠体とを複数組設け、複数の可動枠体のそれぞれに第2の上部電極を設け、下部基板の上記複数の第2の上部電極と対応した位置に第2の下部電極をそれぞれ設けたときには、外側の可動枠体に対して内側の可動枠体を動かすことができるから、印加電圧を高くすることなく、制御可能最大可動範囲をより大きくすることができる。

【0031】また、下部基板の第2の下部電極が設けられた面に凹部を設け、凹部に第1の下部電極を設けたときには、基部に対して可動枠体および可動体を動かしたときの第1の上部電極と第1の下部電極との間の距離を大きくすることができるので、可動体の制御可能最大可動範囲をより大きくすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る並進マイクロアクチュエータを示す平面図である。

【図2】図1に示した並進マイクロアクチュエータを示す正断面図である。

【図3】図2のA-A断面図である。

【図4】図1～図3に示した並進マイクロアクチュエータの動作説明図である。

【図5】図1～図3に示した並進マイクロアクチュエータの動作説明図である。

【図6】本発明に係る回転マイクロアクチュエータを示す平面図である。

【図7】図6に示した回転マイクロアクチュエータを示す正断面図である。

【図8】図7のB-B断面図である。

【図9】図6～図8に示した回転マイクロアクチュエータの動作説明図である。

【図10】図6～図8に示した回転マイクロアクチュエータの動作説明図である。

【図11】本発明に係る他の回転マイクロアクチュエータを示す平面図である。

【図12】図11のC-C断面図である。

【図13】図12のD-D断面図である。

【図14】従来の並進マイクロアクチュエータを示す一部切断斜視図である。

【図15】図14に示した並進マイクロアクチュエータを示す正断面図である。

【図16】図15のE-E断面図である。

【図17】図14～図16に示した並進マイクロアクチュエータの動作説明図である。

【図18】従来の回転マイクロアクチュエータを示す平面図である。

【図19】図18に示した回転マイクロアクチュエータを示す正断面図である。

【図20】図19のF-F断面図である。

【図21】図18～図20に示した回転マイクロアクチュエータの動作説明図である。

【図22】図14～図16に示した並進マイクロアクチュエータの静電引力 $F_e$ 、バネ弾性力 $F_m$ と変位 $y$ との関係を示すグラフである。

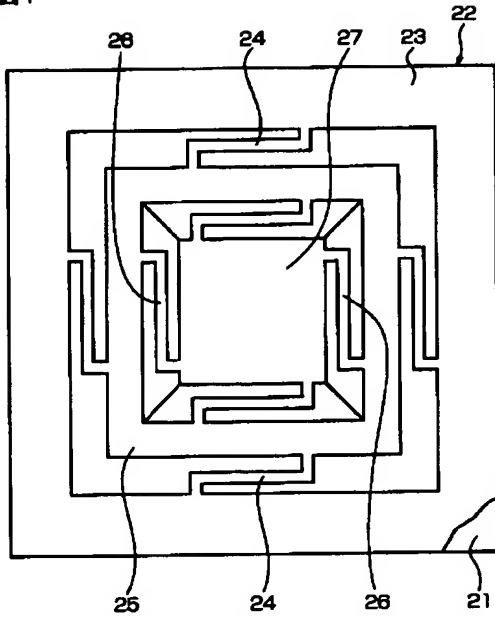
【図23】図14～図16に示した並進マイクロアクチュエータの印加電圧 $V_a$ と変位 $y$ との関係を示すグラフである。

【符号の説明】

21…下部基板  
22…上部基板  
23…基部  
24…支持梁  
25…移動枠体  
26…支持梁  
27…移動体  
28、29…上部電極  
30…上面  
31…凹部  
32、33…下部電極  
41…下部基板  
42…上部基板  
43…基部  
44…支持梁  
45…回転枠体  
46…支持梁  
47…回転体  
48、49…上部電極  
50…上面  
51…凹部  
52、53…下部電極  
61…下部基板  
62…上部基板  
63…基部  
64…支持梁  
65…回転枠体  
66…支持梁  
67…回転枠体  
68…支持梁  
69…回転枠体  
70…支持梁  
71…回転体  
72～75…上部電極  
76…上面  
77…凹部  
78～81…下部電極

【図1】

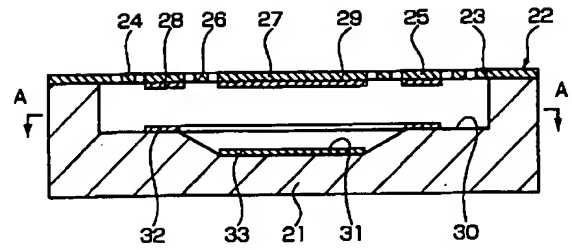
図1



- 21…下部基板  
22…上部基板  
23…基部  
24…支持梁  
25…移動枠体  
26…支持梁  
27…移動体

【図2】

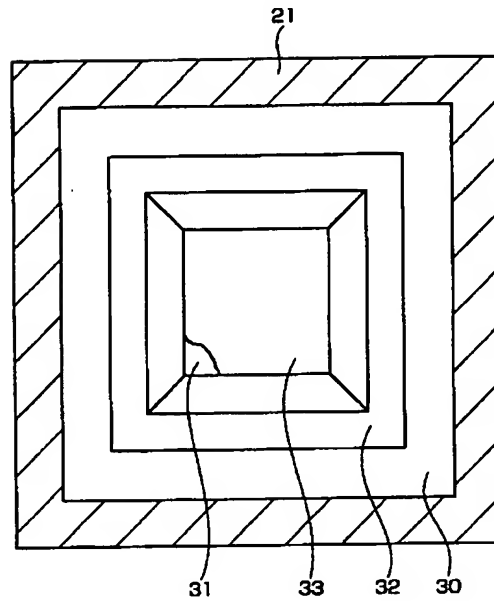
図2



- 21…下部基板  
22…上部基板  
23…基部  
24…支持梁  
25…移動枠体  
26…支持梁  
27…移動体  
28, 29…上部電極  
30…上面  
31…凹部  
32, 33…下部電極

【図3】

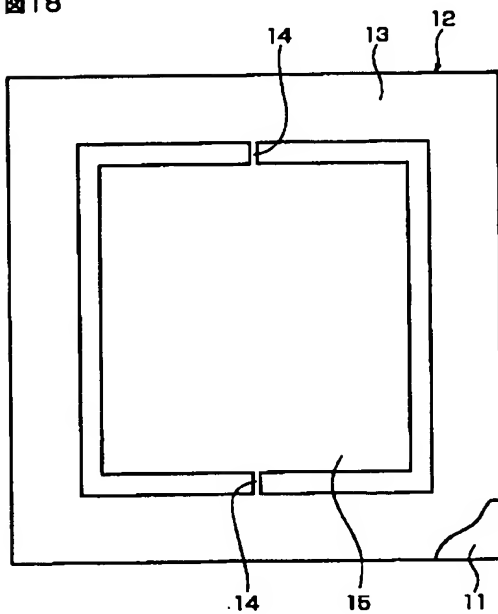
図3



- 21…下部基板  
30…上面  
31…凹部  
32, 33…下部電極

【図18】

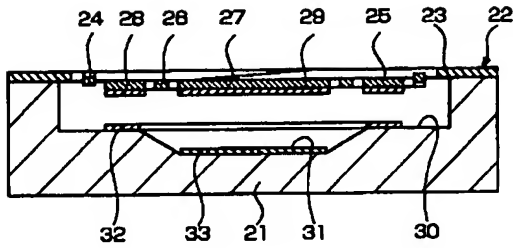
図18





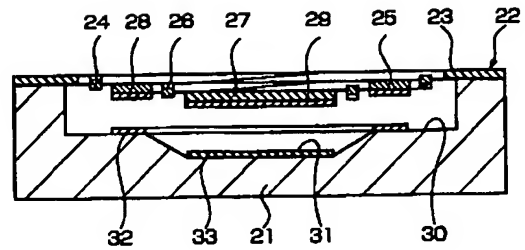
【図4】

図4



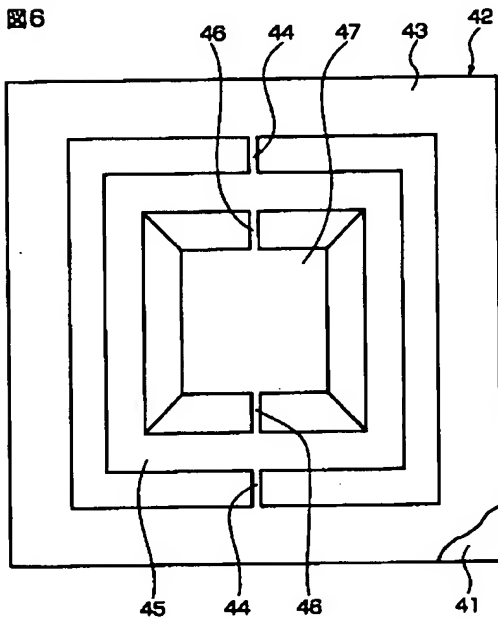
【図5】

図5



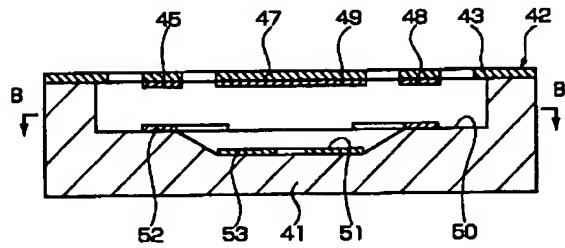
【図6】

図6



【図7】

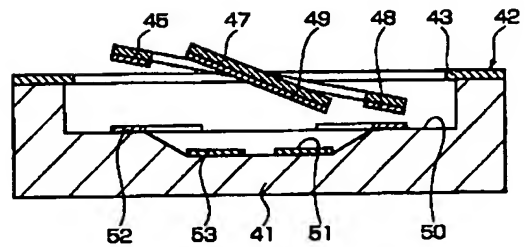
図7



41…下部基板  
42…上部基板  
43…基部  
45…回転軸体  
47…回転体  
48, 49…上部電極  
50…上面  
51…凹部  
52, 53…下部電極

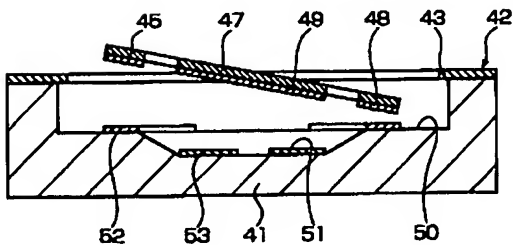
【図10】

図10



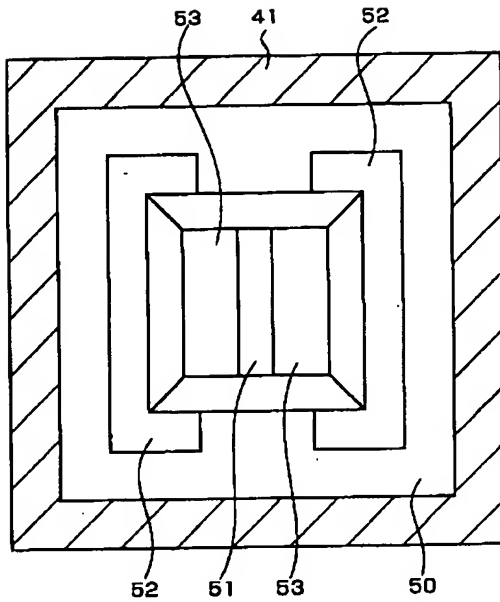
【図9】

図9



【図8】

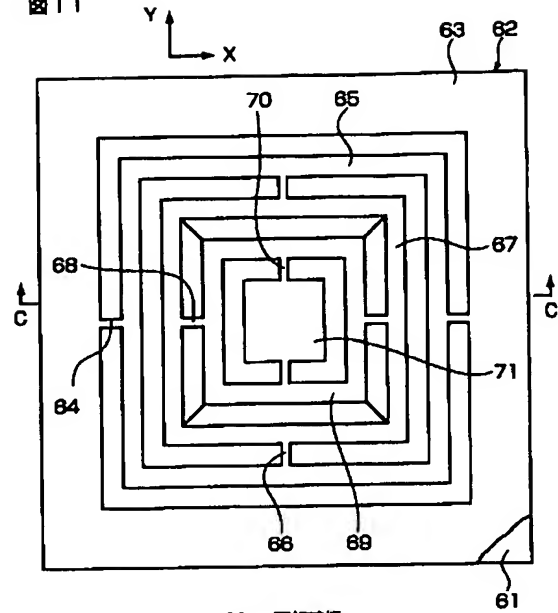
図8



- 41…下部基板  
50…上面  
51…凹部  
52, 53…下部電極

【図11】

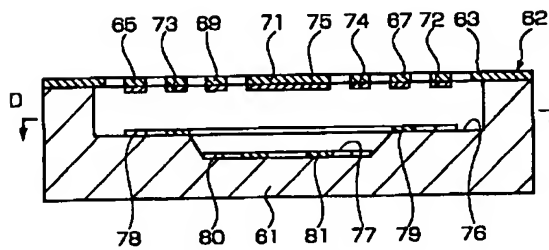
図11



- 61…下部基板  
62…上部基板  
63…基部  
64…支持梁  
65…回転軸体  
66…支持梁  
67…回転軸体  
68…支持梁  
69…回転軸体  
70…支持梁  
71…回転軸体

【図12】

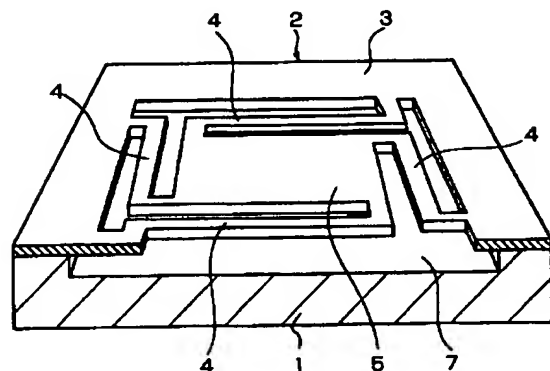
図12



- 61…下部基板  
62…上部基板  
63…基部  
64…支持梁  
65…回転軸体  
66…支持梁  
67…回転軸体  
68…支持梁  
69…回転軸体  
70…支持梁  
71…回転軸体  
72~75…上部電極  
76…上面  
77…凹部  
78~81…下部電極

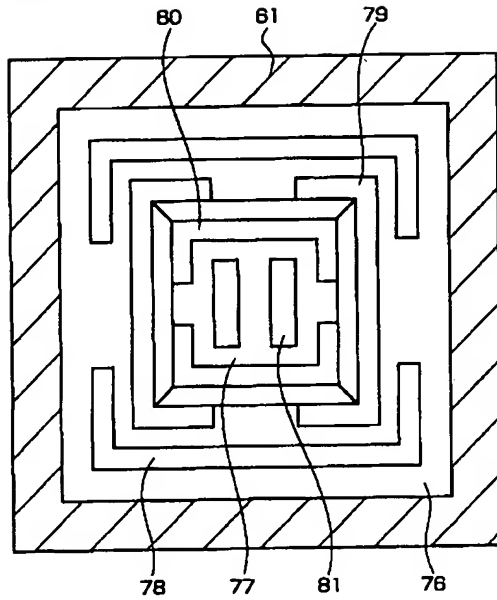
【図14】

図14



【図13】

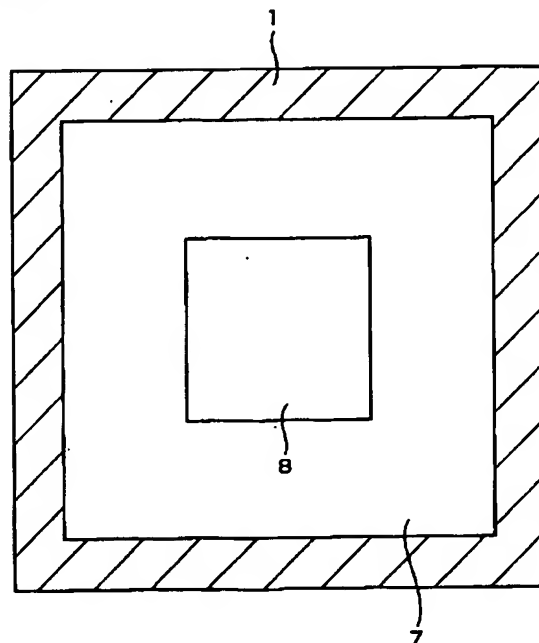
図13



61…下部基板  
76…上面  
77…凹部  
78~81…下部電極

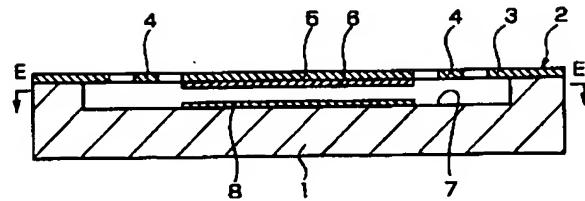
【図16】

図16



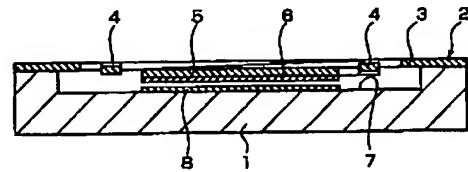
【図15】

図15



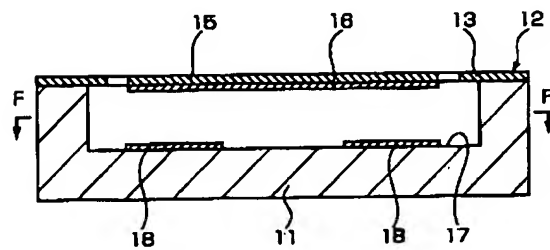
【図17】

図17



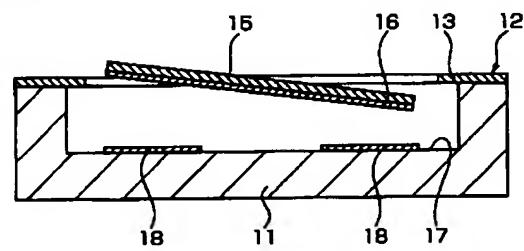
【図19】

図19

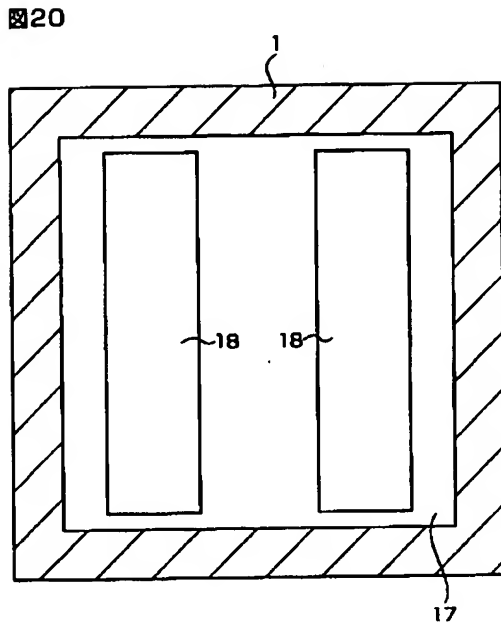


【図21】

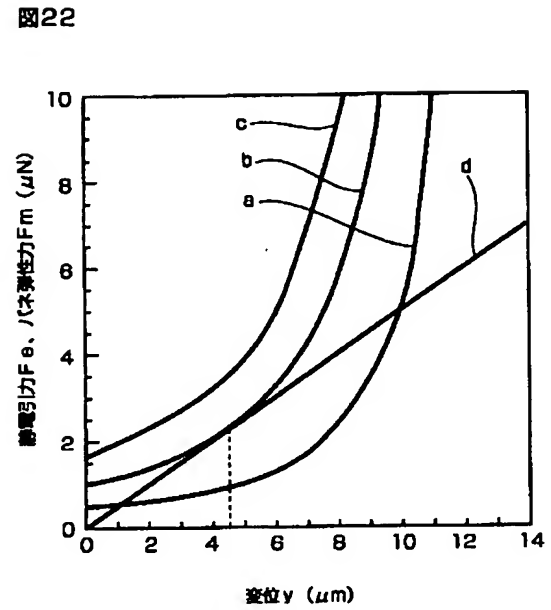
図21



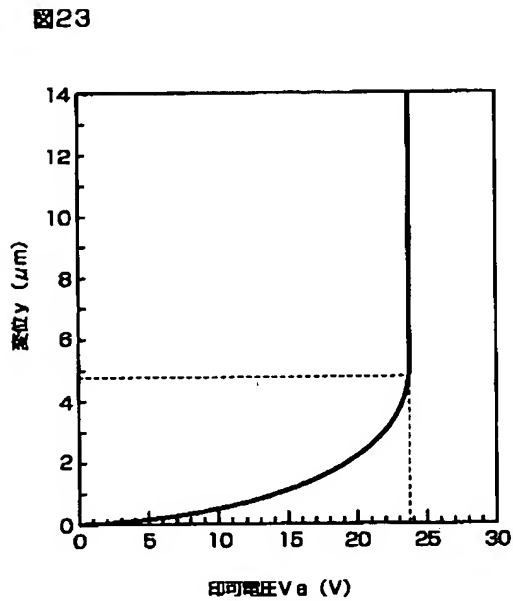
【図20】



【図22】



【図23】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H041 AA14 AB14 AC06 AZ02 AZ03  
 AZ08  
 2H043 BB05 BC03 CB00 CD03 CD04  
 CE00  
 2H045 AB06 AB13 AB43 AB72